第２講　2018年度 試行調査 第2問 & 演習問題

■ 2018年度 試行調査

第２問　次の文章（A・B）を読み，下の問い（**問１～５**）に答えよ。
〔**解答番号** [1] ～ [6] 〕（配点　28）

A　x 軸上を負の向きに速さ v で進む質量 m の小物体Aと，正の向きに速さ v で進む質量 m の小物体Bが衝突し，衝突後も x 軸上を運動した。衝突時に接触していた時間を $\varDelta t$，はね返り係数（反発係数）を e $(0 < e \leqq 1)$ とする。

問１　衝突後の小物体Aの速度を表す式として正しいものを，次の①～⑦のうちから一つ選べ。[1]

① $-2ev$　② $-ev$　③ $-\dfrac{1}{2}ev$　④ 0

⑤ $2ev$　⑥ ev　⑦ $\dfrac{1}{2}ev$

問２　$\varDelta t$ の間に小物体Aが小物体Bから受けた力の平均値を表す式として正しいものを，次の①～⑨のうちから一つ選べ。[2]

① $\dfrac{emv}{2\varDelta t}$　② $\dfrac{emv}{\varDelta t}$　③ $\dfrac{2emv}{\varDelta t}$

④ $\dfrac{(1-e)mv}{2\varDelta t}$　⑤ $\dfrac{(1-e)mv}{\varDelta t}$　⑥ $\dfrac{2(1-e)mv}{\varDelta t}$

⑦ $\dfrac{(1+e)mv}{2\varDelta t}$　⑧ $\dfrac{(1+e)mv}{\varDelta t}$　⑨ $\dfrac{2(1+e)mv}{\varDelta t}$

B　高校の授業で，衝突中に２物体が及ぼし合う力の変化を調べた。力センサーのついた台車 A，B を，水平な一直線上で，等しい速さ v で向かい合わせに走らせ，衝突させた。センサーを含む台車１台の質量 m は 1.1 kg である。それぞれの台車が受けた水平方向の力を測定し，時刻 t との関係をグラフに表すと**図 1** のようになった。ただし，台車 B が衝突前に進む向きを力の正の向きとする。

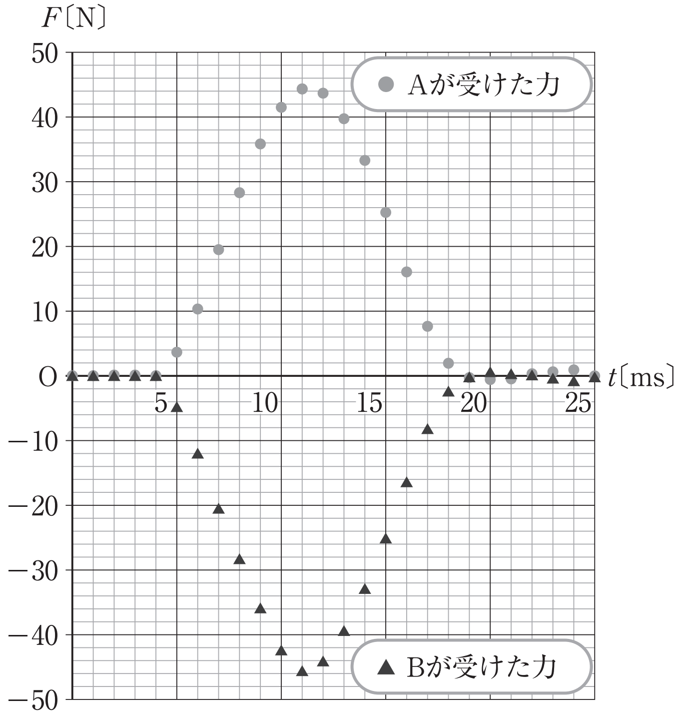


図 1

問３　次の文章は，この実験結果に関する生徒たちの会話である。生徒たちの説明が科学的に正しい考察となるように，文章中の空欄に入れる式として最も適当なものを，次ページのそれぞれの選択肢のうちから一つずつ選べ。

3　4

「短い時間の間だけど，力は大きく変化していて一定じゃないね。」

「そのような場合，力と運動量の関係はどう考えたらいいのだろうか。」

「測定結果のグラフの $t = 4.0 \times 10^{-3}$s から $t = 19.0 \times 10^{-3}$s までの間を２台の台車が接触していた時間 Δt としよう。そして，測定点を滑らかにつなぎ，**図２**のように影をつけた部分の面積を S としよう。弾性衝突ならば，$S =$ 3 が成り立つはずだ。」

「その面積 S はグラフからどうやって求めるのだろうか。」

「衝突の間に A が受けた力の最大値を f とすると，面積 S はおよそ 4 に等しいと考えていいだろう。」

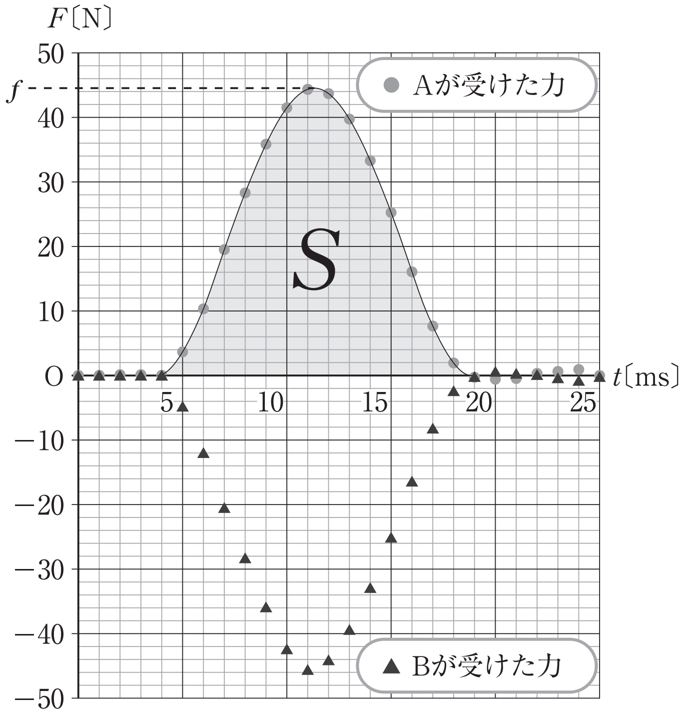


図２

3 の選択肢

① $\frac{1}{2}mv$　② mv　③ $2mv$　④ 0

⑤ $\frac{1}{2}mv^2$　⑥ mv^2　⑦ $2mv^2$

4 の選択肢

① $\frac{1}{3}f\Delta t$　② $\frac{1}{2}f\Delta t$　③ $\frac{2}{3}f\Delta t$　④ $f\Delta t$　⑤ $2f\Delta t$

問４　２台の台車の速さは，衝突の前後で変わらなかったとする。台車が接触していた時間を $t = 4.0\times10^{-3}$ s から $t = 19.0\times10^{-3}$ s までの間とすると，衝突前の台車Ａの速さ v はいくらか。最も近い値を，次の①～⑥のうちから一つ選べ。**5** m/s

① 0.050　② 0.15　③ 0.25

④ 0.35　⑤ 0.45　⑥ 0.55

問５　**図１**のグラフの概形を**図３**のように表すことにする。実線は台車 A が受けた力，破線は台車 B が受けた力を表す。台車 A が受けた力の最大値を f とした。台車 A を静止させ，台車 B を速さ $2v$ で台車 A に衝突させると，力の時間変化はどうなるか。そのグラフとして最も適当なものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。 **6**

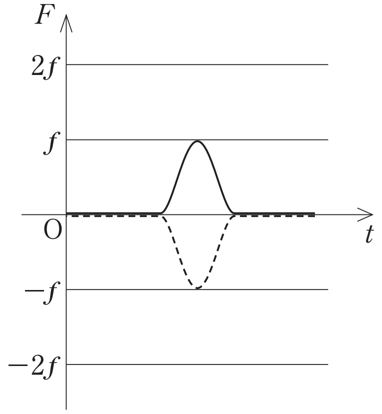
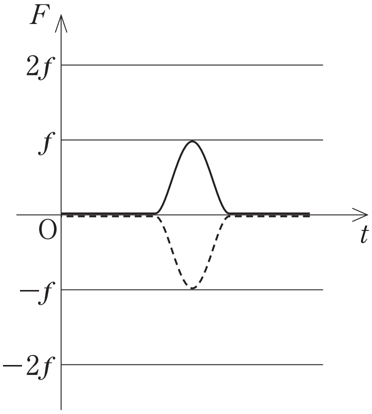
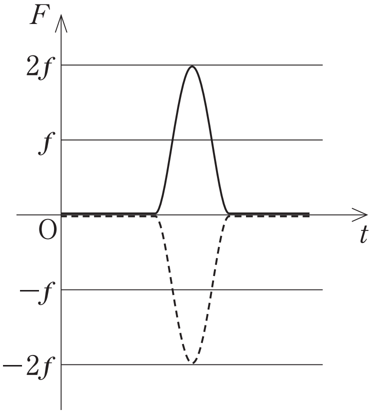


図３

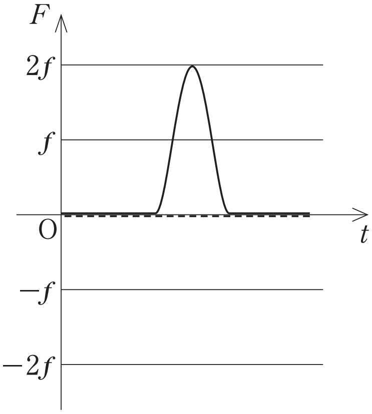
①


F
2f
f
O
t
−f
−2f

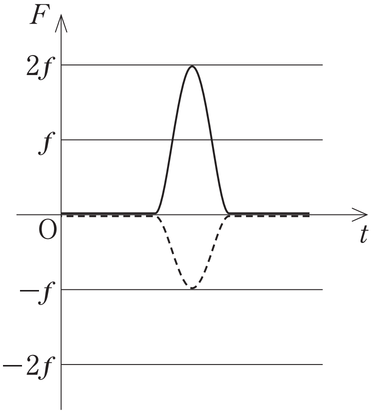
②


F
2f
f
O
t
−f
−2f

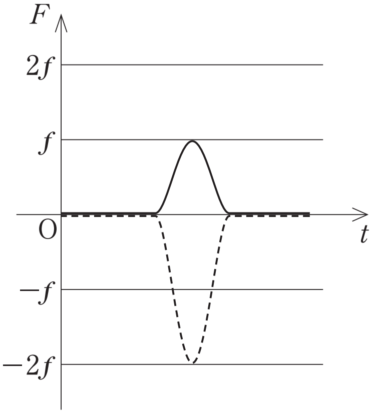
③


F
2f
f
O
t
−f
−2f

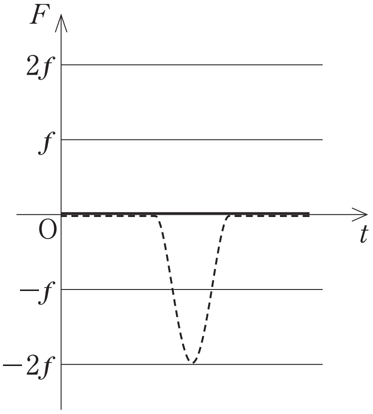
④


F
2f
f
O
t
−f
−2f

⑤


F
2f
f
O
t
−f
−2f

⑥


F
2f
f
O
t
−f
−2f

■ 演習問題

1 次の文章を読んで，問に答えよ。ただし，重力加速度の大きさを g とする。浮力は無視してよい。

問１　次の文章中の ☐ に当てはまる式の組み合わせとして最も適当なものを下の①～⑥の中から選んで答えよ。 **1**

質量 m の物体が重力と抵抗力を受けて鉛直下向きに速度 v で落下している。抵抗力の大きさは物体の速さに比例すると仮定し，比例定数を k とする。また，速度，加速度は鉛直下向きを正にとる。この物体の運動方程式は微小時間 Δt での速度の変化を Δv とすると **ア** で与えられる。

この状況では，落下を開始して一定時間の後には，物体の運動は，近似的に等速度運動になる。このときの速度を終端速度という。終端速度 v_{f} は重力と抵抗力がつりあう条件で決まり，$v_{\mathrm{f}} =$ **イ** となる。

① ア：$m\dfrac{\Delta v}{\Delta t} = mg + kv$　　イ：$-\dfrac{mg}{k}$

② ア：$m\dfrac{\Delta v}{\Delta t} = mg + kv$　　イ：$\dfrac{mg}{k}$

③ ア：$m\dfrac{\Delta v}{\Delta t} = mg + kv$　　イ：0

④ ア：$m\dfrac{\Delta v}{\Delta t} = mg - kv$　　イ：$-\dfrac{mg}{k}$

⑤ ア：$m\dfrac{\Delta v}{\Delta t} = mg - kv$　　イ：$\dfrac{mg}{k}$

⑥ ア：$m\dfrac{\Delta v}{\Delta t} = mg - kv$　　イ：0

問２　ここで２種類の初期条件を考える。一方は初速度０，他方は初速度が終端速度の２倍である。これらの条件における速度の変化を正しく表しているグラフはどうなるか。最も適当なものを**図１**の①～④のうちから選んで答えよ。ただし，点線は終端速度を表している。 **[2]**

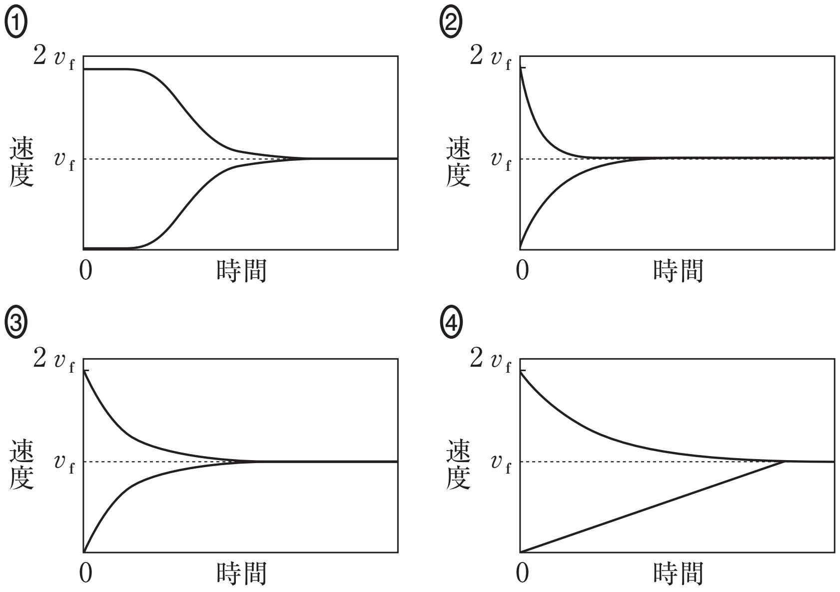


図１

問３　次に，抵抗力の大きさが物体の速さの２乗に比例する場合を考えよう。鉛直下向きの速度を v とすると，物体の運動方程式は

$$m\frac{\Delta v}{\Delta t} = mg - cv^2$$

で与えられる。定数 c を抵抗係数とよぶことにする。このときの終端速度 v_t を表す式として最も適当なものを以下の①～⑥の中から選べ。 **3**

① $-\dfrac{mg}{c}$　② $\dfrac{mg}{c}$　③ $\left(\dfrac{mg}{c}\right)^2$

④ $-\sqrt{\dfrac{mg}{c}}$　⑤ $\sqrt{\dfrac{mg}{c}}$　⑥ 0

問４　水中で物体を静かに落下させ，落下を始めてからの時間と落下距離の関係を計測した。この実験結果について考えよう。なお，重力加速度の大きさ g は $9.8\,m/s^2$ とする。

この実験では，一方は質量 m_1=1.0 kg の物体，他方は質量 m_2=2.0 kg の物体と，形状は同じで質量だけ異なる２種類の物体を落下させた。それぞれを**実験1**，**実験２**とよぶことにする。２つの実験の結果を**表１**に示すとともに，物体の時間と落下距離の関係をグラフにすると**図２**のようになる。

表１

m_1=1.0 kg の物体の結果(**実験１**)					m_2=2.0 kg の物体の結果(**実験２**)				
時間(s)	3.0	4.0	5.0	6.0	時間(s)	3.0	4.0	5.0	6.0
落下距離(m)	15.0	20.8	26.6	32.4	落下距離(m)	19.8	28.0	36.2	44.4

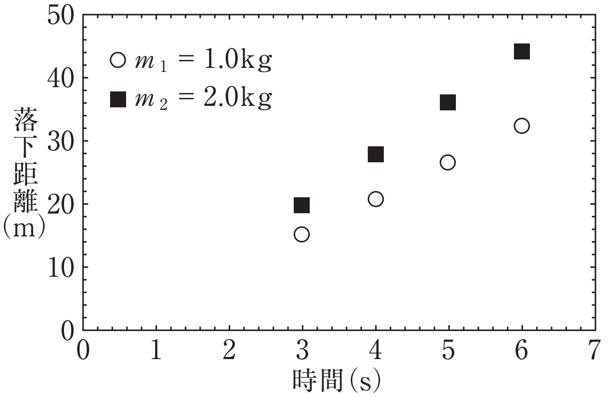


図２

質量 m_1=1.0 kg と質量 m_2=2.0 kg の物体の終端速度をそれぞれ v_1，v_2 とする。実験結果より，終端速度の大きさは有効数字２桁で，v_1= [4]，v_2= [5] である。空欄に入れる数値として最も適当なものを，下の選択肢のうちからそれぞれ一つずつ選べ。[4] [5]

[4] **の選択肢**　① 1.2　② 2.4　③ 4.2　④ 5.8　⑤ 7.6　⑥ 8.2

[5] **の選択肢**　① 1.4　② 2.2　③ 4.3　④ 6.8　⑤ 8.2　⑥ 9.8

問５　次の文章は，この実験結果に関する生徒たちの会話である。生徒たちの説明が科学的に正しい考察となるように，文章中の空欄に入れる数値として最も適当なものを，下の選択肢のうちからそれぞれ一つずつ選べ。［６］

「結局，抵抗力は速度の１乗に比例しているのか。それとも２乗に比例しているのだろうか。」

「終端速度を考えると，抵抗力が速度の１乗に比例するなら，質量の比は速度の比の［ア］次式となる。一方，２乗に比例しているのならば質量の比は速度の比の［イ］次式となる。」

「そうか！　じゃあ後はこれが実験結果に合うかどうか確認すればいいね。」

「そういうこと。そして**問４**の２つの実験結果より，抵抗力の大きさは速さの［ウ］乗に比例していると考えてよいだろう。」

①	ア：0	イ：1	ウ：1
②	ア：1	イ：0	ウ：0
③	ア：1	イ：2	ウ：1
④	ア：1	イ：2	ウ：2
⑤	ア：2	イ：1	ウ：1
⑥	ア：2	イ：1	ウ：2

問６　実験データから得られた終端速度をもとに考えると，終端速度に達するまでにかかる時間は質量の平方根に比例していることがわかった。抵抗力の大きさは速さの２乗に比例するとして，物体を静かに落下させてから時間 3.0 s までの速度の変化を**実験１，２**の両方について正しく描いているのは**図３**の①～⑥のどれか。最も適当なものを選べ。ただし，２本の点線は**実験１，２**それぞれの終端速度を表している。 7

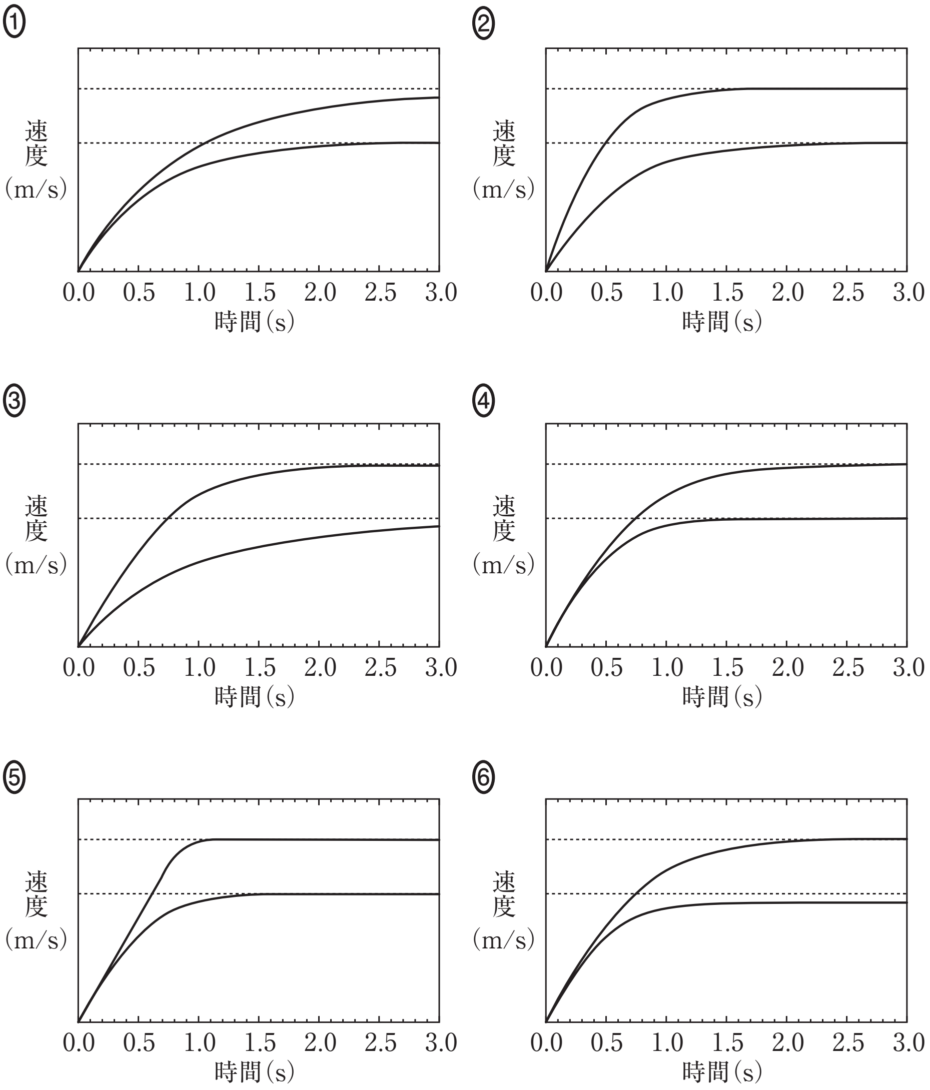


図３

第２講　2018年度 試行調査 第2問＆演習問題　解答

■ 2018年度 試行調査

問題番号（配点）	設問		解答番号	正解	配点
第２問（28）	A	1	1	6	5
		2	2	8	5＊3
	B	3	3	3	4
			4	2	4
		4	5	2	5
		5	6	1	5

（注）
＊３は，第２問の解答番号１で２を解答し，かつ，解答番号２で５を解答した場合も点を与える。

■ 演習問題

問題番号	設問	解答番号	正解
1	問１	1	5
	問２	2	3
	問３	3	5
	問４	4	4
		5	5
	問５	6	4
	問６	7	4

< Note >